

(51)

Int. Cl.:

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



(52)

Deutsche Kl.: 21 g. 41/00

(10)

(11)

(21)

(22)

(43)

(44)

Auslegeschrift 1 465 450

Aktenzeichen: P 14 65 450.3-33 (D 46118)

Anmeldetag: 22. Dezember 1964

Offenlegungstag: —

Auslegetag: 23. Juli 1970

Ausstellungspriorität: —

(30)

Unionspriorität

(32)

Datum: —

(33)

Land: —

(31)

Aktenzeichen: —

(54)

Bezeichnung: Elektronisches Festkörperbauelement zum Schalten

(61)

Zusatz zu: —

(62)

Ausscheidung aus: —

(71)

Anmelder: Danfoss A/S, Nordborg (Dänemark)

Vertreter: Knoblauch, Dr.-Ing. U., Patentanwalt, 6000 Frankfurt

(72)

Als Erfinder benannt: Jensen, Arne, Nordborg (Dänemark)

(56)

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 973 206

FR-PS 1 351 433

DT 1 465 450

Die Erfindung bezieht sich auf ein elektronisches Festkörperbauelement aus einem sperrschichtfreien Halbleitermaterial mit negativem Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes und mit einer solchen Wärmeleitfähigkeit, daß sich beim Anlegen einer Spannung ein Pfad höherer Temperatur und damit großer elektrischer Leitfähigkeit bilden kann, bei dem der Halbleiterkörper auf zwei einander gegenüberliegenden Flächen mit flächenhaften Kontaktelektroden versehen ist. Diese Festkörperbauelemente schalten beim Überschreiten eines Schwellenwerts der angelegten Spannung von einem hochohmigen Zustand, z. B. 10^8 Ohm, in einen niederohmigen Zustand, z. B. 1 Ohm, um.

Bei einem bekannten derartigen Festkörperbauelement ist der Halbleiterkörper auf der einen Seite durch eine Flächenelektrode und auf der anderen Seite punktförmig kontaktiert. Der Punktkontakt wird mit Hilfe eines sehr dünnen Drahtes hergestellt. Diese Anordnung ist wenig robust. Auch ist der Schwellenwert davon abhängig, mit welcher Kraft der Draht an den Körper angepreßt wird.

Des weiteren sind derartige Festkörperbauelemente bekannt, die auf beiden Seiten eine Flächenelektrode tragen. Diese ermöglichen ein robustes Arbeiten und lassen sich leicht aufbringen. Es ergibt sich aber keine eindeutige Arbeits- und Schaltcharakteristik.

Beispiele für in diesem Zusammenhang verwendbare Halbleitermaterialien sind solche, die überwiegend aus Tellur mit Zusätzen aus Elementen der Gruppen IV und V des Periodischen Systems bestehen. Sie können durch Aufdampfen auf eine Metallplatte, durch Sintern, durch Erstarrenlassen einer Legierungsschmelze od. dgl. hergestellt werden. Ein sehr brauchbares Schaltelement mit einem Sprung von mehreren Megohm auf 1 Ohm besteht beispielsweise aus 67,5% Tellur, 25% Arsen und 7,5% Germanium.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein robustes Festkörperbauelement der eingangs beschriebenen Art anzugeben, das im wesentlichen wohl definierte Kennwerte besitzt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Abstand zwischen den Elektroden durch eine Vertiefung im Halbleiterkörper, der die Elektrodenkontaktfläche folgt, verringert ist.

Die Vertiefung kann in vorteilhafter Weise punktförmig ausgebildet sein.

Untersuchungen haben gezeigt, daß bei sperrschichtfreien Festkörperbauelementen zum Schalten mit Flächenelektroden im hochohmigen Zustand der Strom etwa gleichmäßig über den von den Elektroden bedeckten Querschnitt des Elements verteilt ist. Sobald sich an irgendeiner Stelle durch irgendeinen Umstand, der zumeist statistischer und daher rein zufälliger Art ist, die Temperatur erhöht, ergibt sich infolge des negativen Temperaturkoeffizienten eine Verminderung des elektrischen Widerstandes, so daß an dieser Stelle eine höhere Stromdichte auftritt. Diese führt wiederum zu einer erhöhten Wärmeerzeugung an dieser Stelle, so daß sich schließlich dort der Pfad höherer Temperatur und großer elektrischer Leitfähigkeit bildet. Im niederohmigen Zustand fließt daher der Strom im wesentlichen durch diesen Pfad. Der Umschaltmechanismus setzt im allgemeinen ein, wenn die angelegte Spannung einen gewissen Schwellenwert überschreitet, wobei jedoch der Schwellenwert von verschiedenen äußeren Ein-

flüssen, z. B. der Umgebungstemperatur, einem Druck auf das Schaltelement u. dgl. abhängen kann. Wenn man von solchen äußeren Einflüssen jedoch absieht, ist der Schwellenwert eine Konstante des Festkörperbauelements und im wesentlichen von dessen Zusammensetzung und von dessen Abmessungen abhängig.

Es bereitet jedoch erhebliche Schwierigkeiten, die Abmessungen eines solchen Schaltelements genau festzulegen, weil es kaum gelingt, die Berührungsflächen zwischen den Elektroden und dem Halbleiterkörper so genau parallel zueinander anzuordnen, daß an allen Stellen, an denen statistisch und zufällig ein Strompfad sich bilden kann, genau die gleichen Verhältnisse vorherrschen. Infolgedessen ist die Lage des sich bildenden Strompfades völlig ungewiß, und es ergeben sich Abweichungen bezüglich des Schwellenwerts und der übrigen Kenndaten.

Durch die beanspruchte Vertiefung ist jedoch eine Stelle des Halbleiterkörpers vorgegeben, die einen verkürzten Strompfad darstellt und daher bereits im hochohmigen Zustand eine geringfügig höhere Stromdichte führt. Die damit verbundene Erwärmung zwingt dazu, daß der niederohmige Strompfad an dieser Stelle gebildet wird. Es kommt daher bei der Herstellung des Festkörperbauelements lediglich darauf an, daß die Abmessung an dieser durch die Vertiefung vorgeschriebenen Stelle einen genau definierten Elektrodenabstand und damit eine genau definierte Schwellenspannung besitzt. Selbstverständlich läßt sich in der Herstellung ein solcher punktförmiger Abstand wesentlich besser innerhalb bestimmter Toleranzen halten als der Abstand zweier Flächen. Des weiteren kann man einen solchen punktförmigen Abstand gegebenenfalls auch noch nachkorrigieren. Nicht zuletzt ist es ein Vorteil, wenn die Lage des niederohmigen Pfades genau festliegt, weil dann dafür gesorgt werden kann, daß er beispielsweise zwecks besserer Materialausnutzung in der Mitte des Halbleiterkörpers verläuft, und weil die für den Betrieb maßgebenden Wärmeströmungen im Festkörperbauelement berechenbar und durch Ausgestaltungen der Elektroden u. dgl. einflußbar sind usw.

Bei der Herstellung der Halbleiterkörper lassen sich, insbesondere bei den billigen Herstellungsarten wie Aufdampfen und Sintern, keine absolut ebenen Oberflächen herstellen. Dies bringt aber im Rahmen der Erfindung keinerlei Nachteile mit sich, wenn die punktförmige Vertiefung eine größere Tiefe hat als die Welligkeit der Oberfläche des Halbleiterkörpers.

Nach einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung kann man Elektroden aus diesem Material verwenden, dessen Wärmeleitfähigkeit etwa eine Größenordnung oder noch höher liegt als die Wärmeleitfähigkeit des Halbleitermaterials. Zwar haben die üblichen Elektrodenmaterialien, z. B. viele Metalle, von vornherein eine derartige Wärmeleitfähigkeit. Da jedoch erfindungsgemäß die Lage des niederohmigen Strompfades genau festliegt, kann man das Elektrodenmaterial so anordnen, daß die Wärme von dem Pfad höherer Temperatur im wesentlichen in axialer Richtung abgeführt wird. Dies hat zur Folge, daß der Querschnitt dieses Pfades relativ klein bleibt und daß man zum Aufrechterhalten des niederohmigen Zustandes nur eine recht geringe elektrische Leistung benötigt.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand der Zeichnung näher erläutert, in der schematisch ein

Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Festkörperbauelement veranschaulicht ist.

Ein Halbleiterkörper 1 ist zwischen zwei Elektroden 2 und 3 angeordnet, an denen die Zuleitungen 4 und 5 angelötet sind. An der Oberseite ist der Halbleiterkörper 1 mit einer punktförmigen Vertiefung 6 versehen, der die Oberfläche der Elektrode 2, beispielsweise beim Aufdampfen, mit einer Vertiefung 7 folgt.

Wenn an die beiden Zuleitungen 4 und 5 eine kleine Spannung angelegt ist, fließt ein kleiner Strom durch den Halbleiterkörper 1, der über dessen gesamten Querschnitt etwa gleichmäßig verteilt ist. Lediglich unterhalb der Spitze 6 ergibt sich eine etwas größere Stromdichte, weil dort dem Strom nicht der Widerstand der gesamten Höhe H , sondern der etwas kleinere Widerstand der verkürzten Höhe h entgegensteht. Wenn die Spannung erhöht wird und dementsprechend der Strom steigt, ist die größte Erwärmung unterhalb der Spitze 6 zu erwarten. Demzufolge bildet sich auch an dieser Stelle der niederohmige Strompfad 8, sobald der Schwellenwert der Spannung überschritten ist. Durch diesen Pfad 8 fließt dann ein Strom sehr hoher Stromdichte, wie es für den niederohmigen Zustand des Festkörperbauelements typisch ist.

Durch diesen Wirkungsmechanismus ist nicht nur die Lage des Pfades 8 festgelegt, vielmehr ist die Länge dieses Pfades auch ein genaues Maß für den erforderlichen Schwellenwert der Spannung. Auch wenn die gesamte übrige Oberfläche des Halbleiterkörpers eine gewisse Rauigkeit aufweisen sollte, ist doch der Pfad 8 auf eine definierte Länge einstellbar, sei es bei der Herstellung des Halbleiterkörpers, sei es zu einem späteren Zeitpunkt. Wenn das Elektrodenmaterial eine Härte besitzt, die derjenigen des Halbleiterkörpers entspricht oder größer ist, kann sogar eine nachträgliche Justierung vorgenommen werden.

Nach einem anderen Ausführungsbeispiel kann ein Halbleiterkörper verwendet werden, der einseitig oder beidseitig mit schalenförmigen Vertiefungen versehen ist, die sich über nahezu die gesamte Oberfläche erstrecken. Auch in diesem Falle ist am Fußpunkt der beiden Schalen ein bevorzugter Punkt für die Ausbildung des niederohmigen Pfades gegeben.

Patentansprüche:

1. Elektronisches Festkörperbauelement zum Schalten aus einem sperrschichtfreien Halbleitermaterial mit negativem Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes und mit einer solchen Wärmeleitfähigkeit, daß sich beim Anlegen einer Spannung ein Pfad höherer Temperatur und damit großer elektrischer Leitfähigkeit bilden kann, bei dem der Halbleiterkörper auf zwei einander gegenüberliegenden Flächen mit flächenhaften Kontaktelektroden versehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen den Elektroden (2, 3) durch eine Vertiefung (6) im Halbleiterkörper (1), der die Elektrodenkontaktfläche folgt, verringert ist.

2. Elektronisches Festkörperbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefung (6) punktförmig ausgebildet ist.

3. Elektronisches Festkörperbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die punktförmige Vertiefung (6) eine größere Tiefe hat als die Welligkeit der Oberfläche des Halbleiterkörpers (1).

4. Elektronisches Festkörperbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2, 3) aus einem Material bestehen, dessen Wärmeleitfähigkeit etwa eine Größenordnung oder noch höher liegt als die Wärmeleitfähigkeit des Halbleitermaterials.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

